

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-016822

(43)Date of publication of application : 21.01.1992

(51)Int.Cl.

G02F 1/03  
H01S 3/10

(21)Application number : 02-118566

(71)Applicant : UNIV OSAKA

(22)Date of filing : 10.05.1990

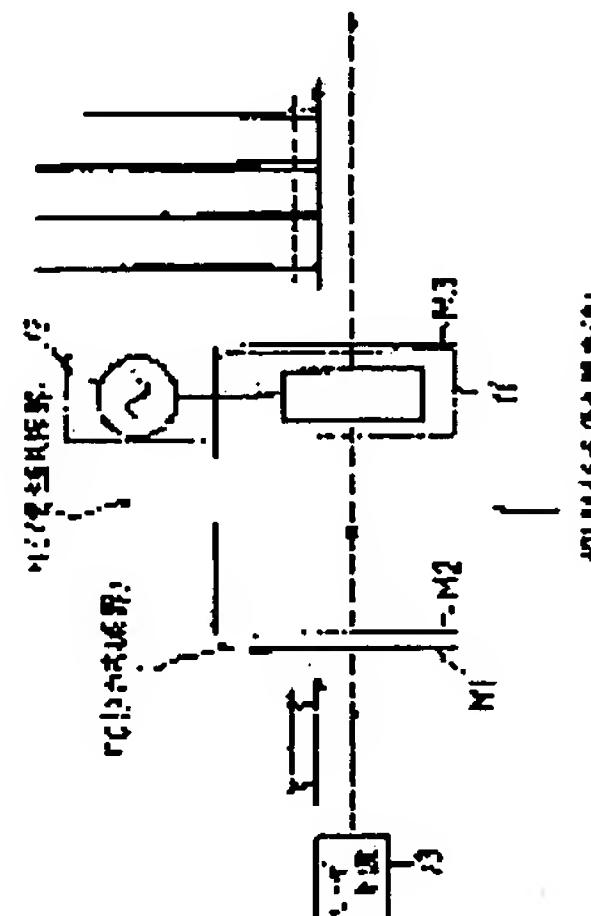
(72)Inventor : KOBAYASHI TETSUO

## (54) ULTRA SHORT LIGHT PULSE GENERATOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve the light energy efficiency by interposing a 3rd reflecting mirror between a 1st reflecting mirror and electrooptic crystal and connecting a driving power source whose optical driving period is set to the reciprocation period of light between the reflecting mirrors or the reciprocal-of-an-integer multiple of the period, to the electrooptic crystal.

**CONSTITUTION:** An ultra short light generator main body 10 consists of three partial transmission type high reflecting mirrors M1 – M3, an optical phase modulator 11 which is interposed between the reflecting mirrors M2 and M3, and the driving power source 12 which drives the optical phase modulator at a period equal (nearly equal) to the period of the reciprocation of light between the reflecting mirrors M2 and M3 or the reciprocal-of-an-integer multiple of the period. For the purpose, the resonator length of an input resonator FC is so set that almost all of input light is transmitted, but the side band is nearly reflected; and the transmission sharpness finesse value is made large and then the side band generated in a modulating resonator MC can be led only a little out of the modulating resonator MC. Consequently, the light energy efficiency can be improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

## ⑫ 公開特許公報(A)

平4-16822

⑬ Int.Cl.<sup>5</sup>G 02 F 1/03  
H 01 S 3/10

識別記号

505

府内整理番号

7159-2K  
7630-4M

⑭ 公開 平成4年(1992)1月21日

審査請求 有 請求項の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 超短光パルス発生器

⑯ 特 願 平2-118566

⑰ 出 願 平2(1990)5月10日

⑱ 発 明 者 小 林 哲 郎 兵庫県宝塚市中山五月台2丁目3-4  
 ⑲ 出 願 人 大 阪 大 学 長 大阪府吹田市山田丘1番1号  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 杉 村 晓 秀 外5名

## 明細書

1. 発明の名称 超短光パルス発生器

## 2. 特許請求の範囲

1. 2枚の対向して平行に配設された第1及び第2の反射鏡で構成され、その一方の反射鏡に入力光を入射させ、他方の反射鏡より出力を得るファブリ・ペロー共振器を有し、その内部の一部又は全部に電界により光の屈折率が変化する電気光学結晶を挿入し、この電気光学結晶に交流電源を接続し、その駆動信号に応じた電界を印加できるようにした超短光パルス発生器において、第3の反射鏡を第1の反射鏡と前記電気光学結晶との間に挿入し、この電気光学結晶より成る光位相変調器を駆動する光駆動周期は光が第1及び第2の反射鏡間を往復する周期にほぼ等しいか、その周期の整数分の1となる駆動電源を前記電気光学結晶に接続し、第1反射鏡の光入力側にレーザ光源を配設したことを特徴とする超短光パルス発生器。

## 3. 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

本発明は、3枚の反射鏡を対向して配設し、この間に電気光学結晶よりなる光位相変調器によって、ファブリ・ペロー変調器を構成し、電気光学結晶に加えられる電界により光の屈折率が変化するようにし、駆動レーザ信号に応じた電界を印加できるように制御して光エネルギー効率を飛躍的に向上させた簡便で制御性の高い光パルス発生器を提供しようとするものである。

本発明の属する技術分野は計測器、光学機器、光エレクトロニクス、光通信等に使用できる超短光パルス発生器である。

## (従来の技術)

短光パルス生成は、従来より多種、多様のものが開発されているが、多くはレーザ内部に手を加えたモード同期である。

## (発明が解決しようとする課題)

従来の技術には以下の問題点がある。

① 従来の短光発生器に用いられるモード同期で

はパルス幅はレーザ利得帯域に制限され、ピコ秒あるいはサブピコ秒の短パルスが得られるのは色素レーザなどの一部の広帯域レーザに限られる。

- ② レーザ光源内部に手を加える必要があり、構成が複雑となり、装置が大がかりで高価となる。
- ③ 繰り返し周波数はレーザ共振器長に制限され高くとれない。

一方、レーザ共振器外部で光変調器、光シャッタで光パルスを抜き取る方法は第3図に示すように、駆動電源1に接続された光シャッタあるいは光変調器2の一方よりレーザ光源よりのレーザ入力光3を入射させ、他方より出力光パルス4を得るが、平均出力パワー5は平均入力パワー6より著しく低くなる。即ち、

- ① 短パルスになると第3図に示すように、エネルギー利用度が低下すると言う基本的な問題点がある。
- ② ピコ秒程度で光を切り取ること自体も技術的に容易でない。

と言う難点もある。現在、この変調器によるパルス抜き取り方式で最も変調感度が高く超短パルスが得られるのは本発明者による“ファブリ・ペロー変調器による方法”であるが、これもやはり第3図に示されるように、光エネルギー利用率を高くとれないので欠点である。

本発明者はレーザ共振器外部変調方式で最も超短な光パルスが得られるファブリ・ペロー変調器を発明したが、その超短パルス特性はそのままで、その問題点である光エネルギー効率を飛躍的に向上させ、モード同期にとって代わるような、簡便で制御性の高い光パルス発生器を提供することが本発明の目的である。

#### (課題を解決するための手段)

本発明は2枚の対向して平行に配設された第1及び第2の反射鏡で構成され、その一方の反射鏡に入力光を入射させ、他方の反射鏡より出力を得るファブリ・ペロー共振器を有し、その内部の一部又は全部に電界により光の屈折率が変化する電気光学結晶を挿入し、この電気光学結晶に交流電

源を接続し、その駆動信号に応じた電界を印加できるようにした超短光パルス発生器において、第3の反射鏡を第1の反射鏡と前記電気光学結晶との間に挿入し、この電気光学結晶より成る光位相変調器を駆動する光駆動周期は光が第1及び第2の反射鏡間を往復する周期にはほぼ等しいか、その周期の整数分の1となる駆動電源を前記電気光学結晶に接続し、第1反射鏡の光入力側にレーザ光源を配設したことを特徴とする超短光パルス発生器である。

#### (作用)

まず、本発明の説明に入る前に、本発明の基礎になるファブリ・ペロー電気光学変調器について簡単に述べる。これは、第4図に示されるように、2枚の対向して置かれた反射鏡（一般には凹面鏡）MA、MBで構成されるファブリ・ペロー共振器8（ファブリ・ペロー干渉計とも言える）の内部の一部、あるいは全体に、電界により光の屈折率が変化する電気光学結晶2を挿入し、そこに駆動信号に応じた電界を印加できるようにしたもので

ある。

このファブリ・ペロー共振器の片道の実効光学長をしとし、2枚の鏡MA、MBの反射率が高いとすると、ファブリ・ペロー共振器8全体の光透過度、光反射度は入射光の光周波数あるいは光波長に大きく依存し、第5図(a)及び(b)に示すようになる。

第5図で $\nu$ は光周波数、 $l$ は実効共振器長、 $T$ は透過度、 $\rho$ は共振周波数である。すなわち、光周波数領域では、 $c/(2L)$ 毎に鋭く、狭い透過帯域が現れる。つまり狭帯域の光帯域フィルタとして働くのである。第5図(a)は、ファブリ・ペロー共振器長 $l$ を一定とした場合の、光強度透過度の対光周波数の関係であるが、つぎに、光周波数を一定にしておいて光学長をゆっくり変化させた場合の光透過特性を第5図(b)に示す。光学長をほんの少し変化させるだけで透過度は大きく変化し、入射光の波長の半分（つまり半波長分 $\lambda/2$ ）だけ $l$ を変化させれば、透過度はもとに戻る。

さて、電気光学結晶2に駆動電源1より信号電界を電極を介して印加すれば、信号電界に追随した電気光学結晶2の屈折率が変化し、引いてはファブリ・ペロー共振器の実効的な光学長さを変化できるので、光透過度、反射度も駆動電源よりの電気信号で変調できることになる。これがファブリ・ペロー電気光学変調器の動作原理である。

ファブリ・ペロー共振器のフィルタとしての先鋒度が大きければ、第6図に示すように非常に小さい光学長変化 $\delta L$ で透過度を制御でき、高感度光変調器が得られる ( $| \delta L | < \lambda / 2$ )。第6図において、10は変調波形、 $\Delta \theta$ は位相変調指數、 $\delta L$ は光学長変化を示す。通常の電気光学変調器では光をオン、オフするには半波長程度の光学長変化 $\delta L$  ( $\pi$ 程度の光学位相変化と等価) が必要であり、これに比べるとファブリ・ペロー電気光学変調器が非常に高感度であることが第6図より分かる。この高感度性は光がファブリ・ペロー共振器内を多重反射すると、電気光学結晶9を実効的には何度も通るため、変調効果が累積、増大す

るために生ずる。この構造では変調器の実効光路は長くなり、高感度化が得られるが、その見返りに、時間応答速度はおそくなる欠点が生ずる。変調帯域は大ざっぱに言うとファブリ・ペロー共振器の透過光帯域程度とされている。ただし、変調は低周波数だけではなく、変調周波数が  $(c / 2L)$  の整数倍の近傍の周波数になったとき、言い替えると変調周期が、光がファブリ・ペロー共振器を往復する周期の整数分の1となったときにもよくかかる。これはこのような条件のもとでは、ファブリ・ペロー共振器内であるときに変調部を通過した光がこのファブリ・ペロー共振器を1周して再度この変調部を通過するとき前と同じ位相で変調を受け、変調効果が累積されるからである。

このファブリ・ペロー電気光学変調器は1965年にアメリカベル研究所のE. J. Gordon博士により提案されたが、その後の詳しい解析や高速動作素子の開発は主として本発明者が中心になって行ってきたものである。さて内部での位相変

調を深くし（位相変化で $\pi$ から $\pi/2$ 程度）、光学長変化で $1/4 \sim 1/2$ 波長程度にすると、出力波形は第7図のようにパルス状になる。この特性を利用したパルス生成を発明し、本発明者が実証したものである。

ここで実効光学長とは幾何的長さに屈折率を乗じたものである。ここでの実効共振器長には、さらに電気光学結晶9の光学長も含んでいる。

#### (構成)

第1図は本発明の基本構成を示すものである。本発明の超短光発生器本体10は、3枚の一部透過形高反射鏡M1, M2, M3とM2, M3の間に挿入された光位相変調器11及びこれを駆動する周期が、光がM2, M3間を往復する周期に等しいか（ほぼ等しい場合を含む）、その（ほぼ）整数分の1となる駆動電源12から構成される。この前にレーザ光源13を配することにより超短光パルス発生器が構成される。

超短光パルス発生器10の本体は大きく眺めると、2つの共振器の直列構成であり、ここでは、高反

射鏡M1, M2から構成される共振器（1種の光透過フィルタ）を入力共振器FCと呼び、高反射鏡M2, M3と光位相変調器11からなる共振器を変調共振器MCと呼ぶ。

入力共振器FCを反射率、透過率の周波数依存性が極端に強い1枚の鏡と考えれば、これは特殊な透過及び反射特性をもつ入力倒鏡をもつ特殊なファブリ・ペロー変調器とみなすことができる。そこで、入力共振器FCの鋭い光透過ピークに同調した連続光（周波数 $f_0$ ）を第1の高反射鏡M1側から入射し、光変調器11を所定の周波数  $f = m \times c / (2L_{nc})$ , ( $m = 1, 2, 3, \dots, c$ : 光速) ……(1)

で駆動すると変調共振器MC内部には周波数が  $f_0 - f, +f$  ( $n : 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$  整数) ……(2)

の変調サイドバンドが生成される。なお、ここで  $L_{nc}$  は変調共振器MCの実効光学長である。入力光 ( $n = 0$ ) は殆んど通過するがサイドバンド ( $n = 0$ ) は殆んど反射するように入力共振器FC

の共振器長を設定し、かつ、透過尖鋸度フィネス値を大きくとると、変調共振器MC内で生成されたサイドバンドは変調共振器MC内から少ししか抜け出せなくなり（抜け口は反射鏡M3を透過するか、入力共振器FCを微量抜けるか、内部で消費されるかである）、累積し、さらに変調効果が累積するため高次の（絶対値nの大きい）サイドバンドを生成してゆく。一方、通り抜けやすい搬送波成分も変調により搬送波成分（n=0）そのものが小さくなるので、入力共振器FCを通って入力側に戻るものは少なくなる。勿論サイドバンド成分は殆んど戻らない。まつり、入力から入力共振器FCを殆んど100%近くの割合で通り抜け変調共振器MCに供給されつけられている搬送波エネルギーの大部分はサイドバンドエネルギーに変換され、その多くは入力側に戻ることなく鏡M3を通り出力され、残りは共振器内に存在する小さい損失で消費される。このような多重変調で変調共振器MC内に生成されるサイドバンドの搬送波に対する相対的な割合は、入力共振器FC

をFCに対してサイドバンドが感じる高反射率をもつ1枚の鏡とみなした従来のファブリ・ペロー変調器に於ける場合と数学的にはほぼ同等となるため、変調共振器MC内部での光波形、及びこれに鏡M3の透過係数をかけた出力波形は従来のファブリ・ペロー変調器の場合のそれをほぼ定数倍したものとなる。入力光エネルギーの多くが出力パルスエネルギーに効率よく変換され（言いかえると、出力平均光パワーが入力平均光パワーと同程度）、かつ、連続入力に対し周期的短パルス列が出力として得られるのであるから、出力パルスのパワー尖頭値は入力光パワーより高くなる。すなわち、入力光を集めて圧縮してパルス列に変えていることと等価になることになる。

#### (発明の効果)

第2図は本発明の超短光パルス発生器の入力光パワーと出力光パワーとの比較した特性説明用図である。第2図において、21は駆動電源、22は光変調器、23はレーザ光源よりの入力光、24は出力光パルス列、31、32、33は一部透過形高反射鏡で

あり、駆動電源21と電気光学結晶22により本発明の位相変調器10を構成したもので、25は平均出力パワーを示し、この平均出力パワー25は平均入力パワーとほぼ等しいことを示す。第2図と第3図とを比較すると明らかかなように、出力パルスのパワー尖頭値がたかだか入力パワー程度で入力光をパルス的にちぎっているのと等価な従来のFP変調器や光シャッタによるパルス生成に比べ、本発明は出力光パルスの平均出力パワーが平均入力パワーとほぼ同じ又はそれ以上で、第2図のものは第3図に示す従来法のものに比して、光エネルギー利用率で圧倒的に優れていることが明らかとなつた。

第2図に示すように、本発明において、出力パルスの平均出力パワーが大きいことはファブリ・ペロー干渉計内部に光変調器を挿入し、干渉計を光が1周する周期に同期した変調を行うファブリ・ペロー変調器の入力側の1部透過高反射鏡を2つの平行においていた1部透過高反射鏡で構成されるファブリ・ペロー干渉計に置き換えた複合共振器構

造をもつ光変調器としたので、入力側ファブリ・ペロー干渉計部FCを入力光がファブリ・ペロー変調器部MCによく透過されるが、一方、生成された変調サイドバンドは殆んど入力側に戻らないように設定することにより、入力光エネルギーの多くが出力光パルスとして効率よくとりだせるようになつたことが本発明の超短光パルス発生器の新規特徴とする所であり、これにより、光エネルギー効率を飛躍的に向上させ、従来のモード同期方式にとって代わるような簡便で制御性の高い光パルス発生器を提供できる斯種工業上大なる効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の超短光パルス発生器の基本構成を示す原理説明図。

第2図は本発明の超短光パルス発生器の入力光パワーと出力光パワーとの光エネルギー利用率を比較する特性図。

第3図は従来の光シャッタによる短光パルス発生器の原理説明図。

第4図は従来のファブリ・ペロー電気光学変調器の構成図、

第5図(a)及び(b)は従来のファブリ・ペロー干渉計の光透過特性図、

第6図は従来のファブリ・ペロー電気光学変調器の変調原理説明図、

第7図は従来のファブリ・ペロー変調器による超短光パルス生成原理説明図である。

10…超短光発生器本体

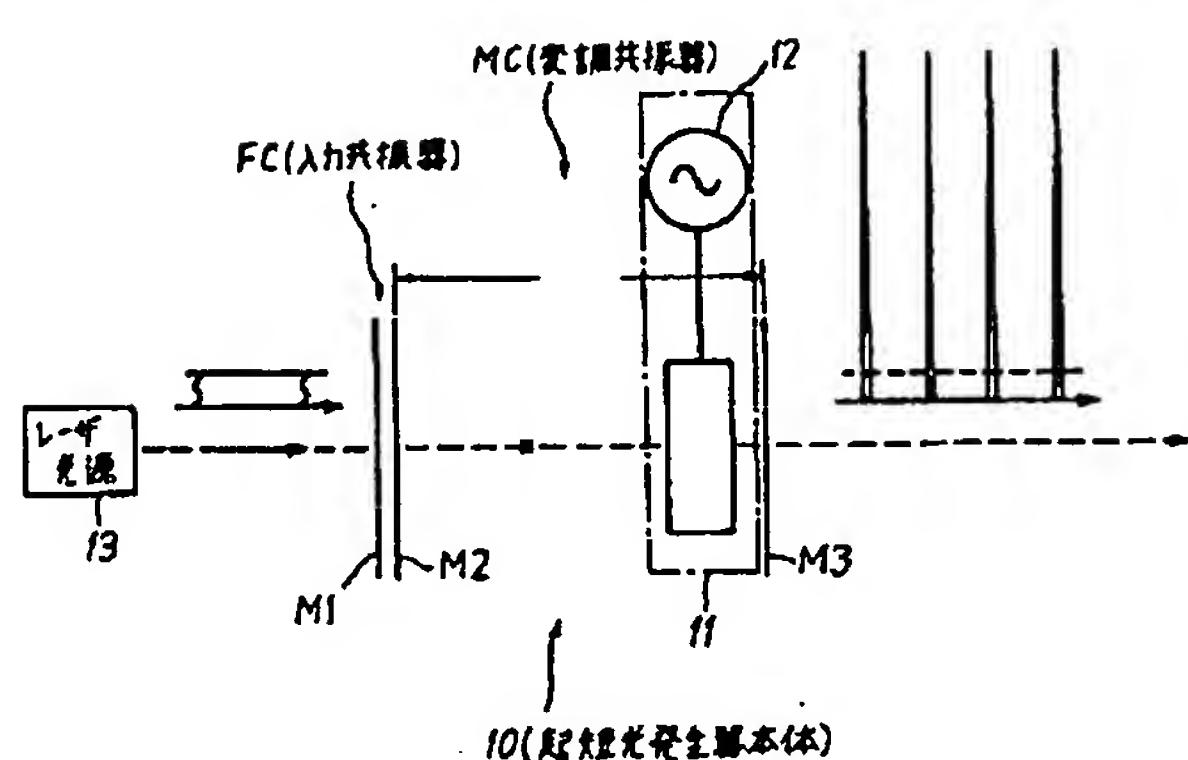
11…光位相変調器

12…駆動電源

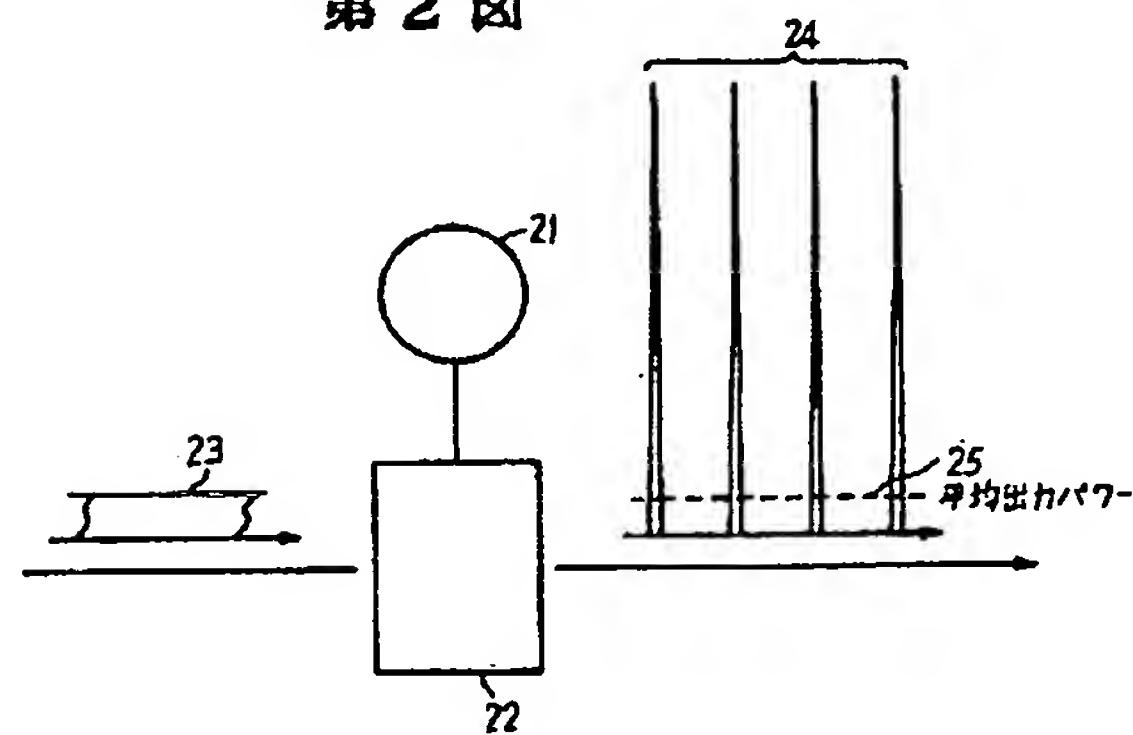
13…レーザ光源

M1,M2,M3…反射鏡

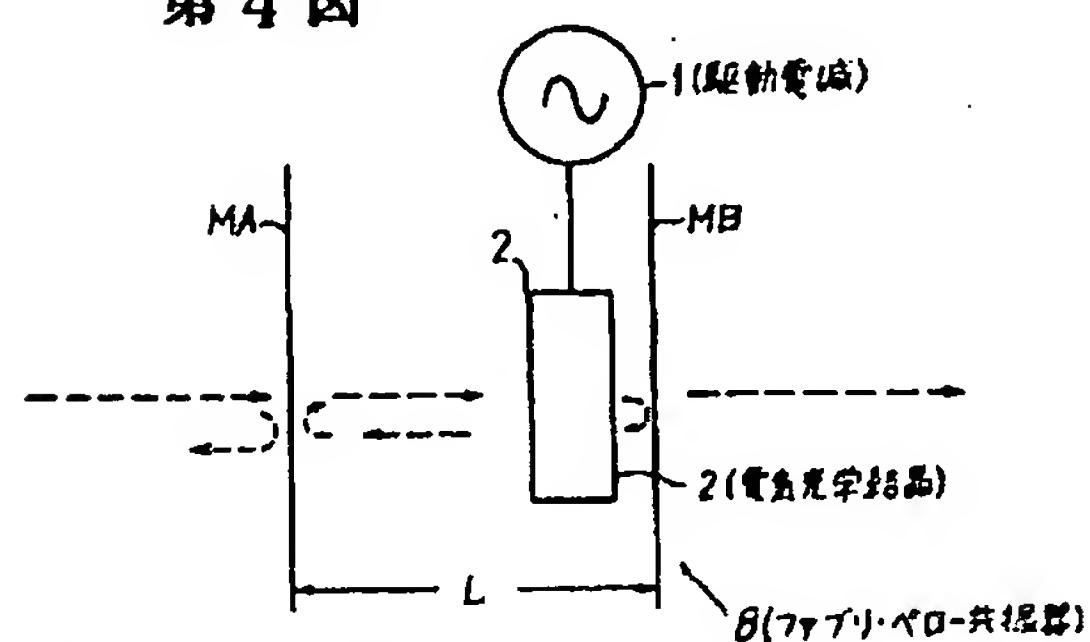
第1図



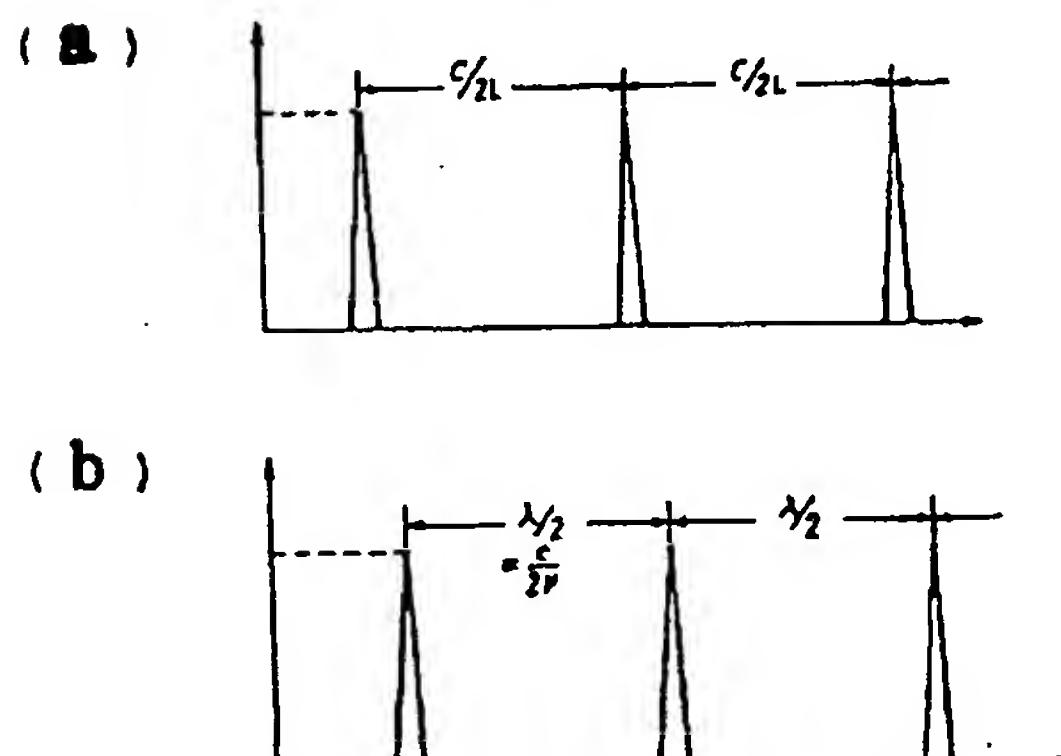
第2図



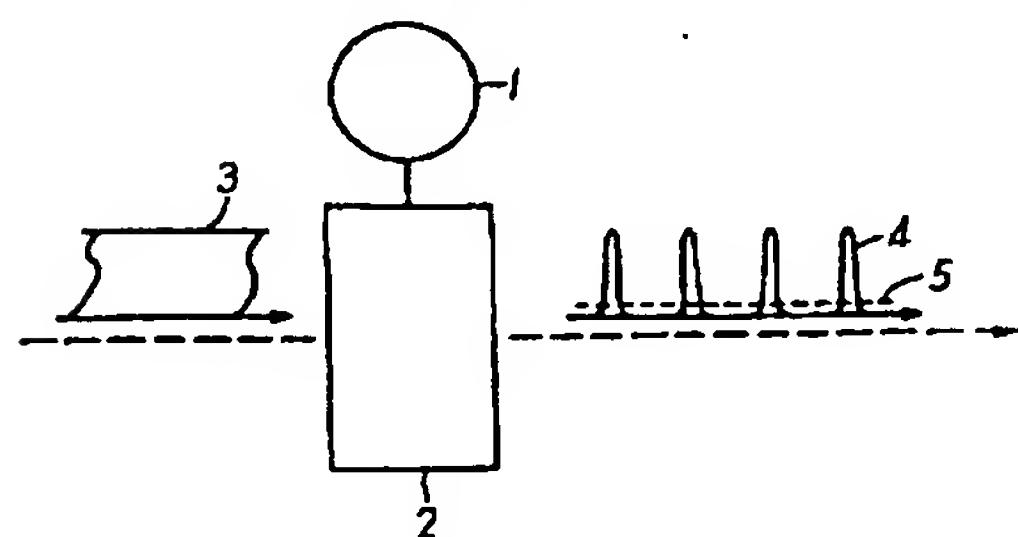
第4図



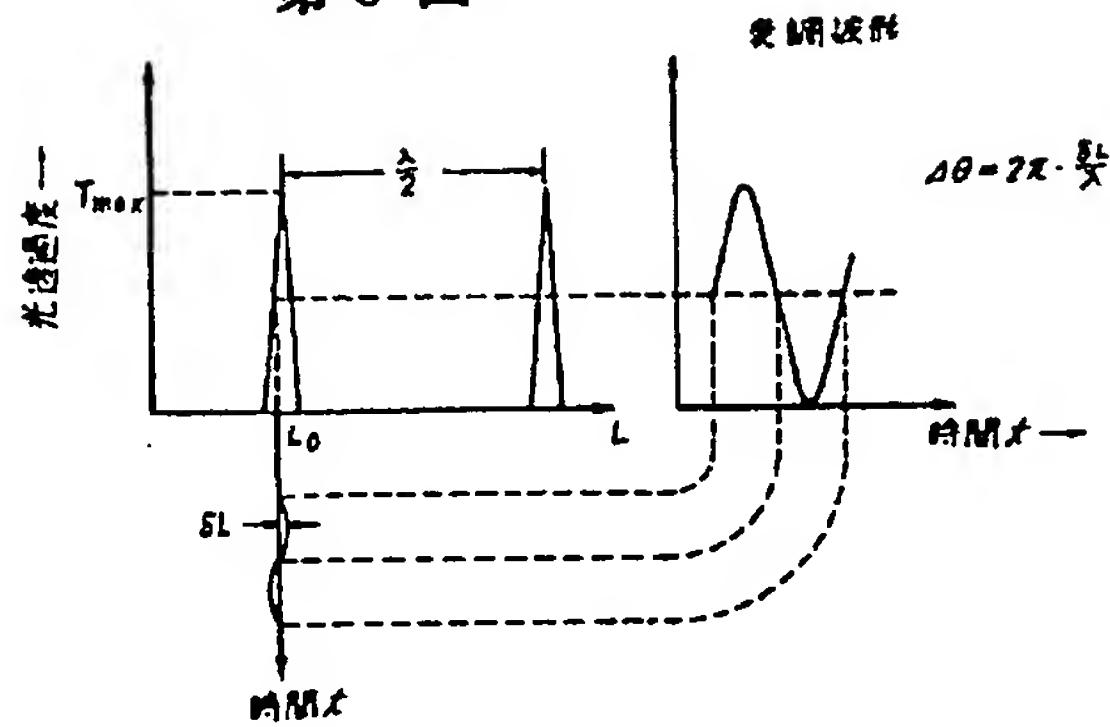
第5図



第3図



第6図



第7図

